

特開平11-16858

(43) 公開日 平成11年(1999) 1月22日

(51) Int. Cl. <sup>6</sup>	識別記号	F I		
H01L 21/285	301	H01L 21/285	301	R
C23C 16/44		C23C 16/44		J
H01L 21/205		H01L 21/205		
// H01L 21/31		21/31		C

審査請求 未請求 請求項の数 7 F D (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平9-180790

(22) 出願日 平成9年(1997) 6月21日

(71) 出願人 000219967

東京エレクトロン株式会社

東京都港区赤坂5丁目3番6号

(72) 発明者 波多野 達夫

山梨県韮崎市藤井町北下条2381番地の1

東京エレクトロン山梨株式会社内

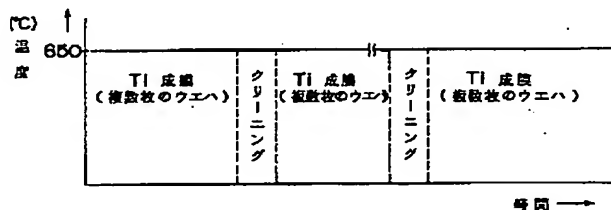
(74) 代理人 弁理士 浅井 章弘

(54) 【発明の名称】 成膜装置のクリーニング方法及び処理方法

(57) 【要約】

【課題】 Ti膜の成膜ガスであるTiCl<sub>4</sub> ガスを用いてプラズマレスで不要なTi膜を除去する成膜装置のクリーニング方法を提供する。

【解決手段】 被処理体Wの表面に少なくともTiを含む金属膜を成膜する成膜装置2のクリーニング方法において、クリーニングガスとしてTiCl<sub>4</sub> ガスを用いる。これにより、Ti膜の成膜工程から引き続きクリーニング工程を実施する時に、装置内の温度を変化させることなく連続的にクリーニング工程を実施することができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 被処理体の表面に少なくともTiを含有する金属膜を成膜する成膜装置のクリーニング方法において、クリーニングガスとしてTiCl<sub>4</sub>、ガスを用いたことを特徴とする成膜装置のクリーニング方法。

【請求項2】 前記TiCl<sub>4</sub>、ガスは、不活性ガスにより搬送されることを特徴とする請求項1記載の成膜装置のクリーニング方法。

【請求項3】 成膜装置内に載置された被処理体の表面に、TiCl<sub>4</sub>、ガスとH<sub>2</sub>、ガスとArガスをを用いてプラズマ存在下でTi膜を成膜する成膜工程と、該成膜工程の後に、H<sub>2</sub>、ガスとArガスの供給を停止すると共にTiCl<sub>4</sub>、ガスを供給してプラズマ不存在下にて前記成膜装置内のクリーニングを行なうクリーニング工程とを有することを特徴とする処理方法。

【請求項4】 前記成膜工程とクリーニング工程における前記成膜装置内の温度は実質的に同一であることを特徴とする請求項3記載の処理方法。

【請求項5】 前記成膜工程において複数枚の被処理体に対して連続的にTi膜の成膜が行なわれた後に、前記クリーニング工程へ移行することを特徴とする請求項3または4記載の処理方法。

【請求項6】 前記成膜工程において1枚の被処理体に対してTi膜の成膜を行なった後に、前記クリーニング工程へ移行することを特徴とする請求項3または4記載の処理方法。

【請求項7】 前記クリーニング工程において、TiCl<sub>4</sub>、ガスは、不活性ガスにより搬送されることを特徴とする請求項3乃至6のいずれかに記載の処理方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、成膜装置のクリーニング方法及び処理方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 一般に、半導体集積回路を製造するためには、半導体ウエハ等の基板に対して、成膜とパターンエッチング等を繰り返し行なって、多数の所望の素子を形成するようになっている。ところで、各素子間を接続する配線、各素子に対する電気的コンタクトを図るコンタクトメタル、或いは基板のSiの吸上げを抑制する対策として用いられるバリヤメタルとしては、電気抵抗が低いことは勿論のこと、耐腐食性に優れた材料を用いなければならない。このような要請に対応できる材料として、Ti（チタン）、W（タングステン）、Mo（モリブデン）などの高融点金属材料が使用される傾向にあり、中でも電気的及び耐腐食性などの特性等が良好であることから、特に、Ti膜が多用される傾向にある。

【0003】 CVD（Chemical Vapor Deposition）によるTi膜は、一般的には、原料ガスとしてTiCl<sub>4</sub>、（四塩化チタン）ガスと水素

ガスを用いてプラズマ処理により成膜される。通常は、Ti膜の成膜に限らず、ウエハ表面にある種の成膜を行なうと、ウエハ表面のみならず、装置の内部構造物である処理容器の側壁、サセプタ（載置台）、シャワーヘッド等の表面にも膜が付着することは避けられない。この膜は、成膜途中で剥がれたりすると、パーティクルとなってウエハ表面に付着して素子欠陥の原因となるので、ある程度の枚数、例えば25枚程のウエハの成膜処理を連続して行なったならば、内部構造物等に付着した成膜を除去するためのクリーニング処理が行なわれる。

【0004】 ところで、上記したTi膜のクリーニング処理としては、一般的にはクリーニングガスとしてClF<sub>3</sub>、ガスやNF<sub>3</sub>、ガスを用いている。クリーニング処理は、Ti膜の成膜処理後にTi膜の成膜温度である、例えば650℃からクリーニング温度である、例えば200～300℃程度まで処理容器内の温度を降温させて、上記クリーニング温度になったならば、上記したClF<sub>3</sub>、ガスやNF<sub>3</sub>、ガスを処理容器内へ導入してクリーニング処理を行なう。ClF<sub>3</sub>、ガスを用いる場合には、プラズマは停止するが、NF<sub>3</sub>、ガスを用いる場合にはプラズマも併せて発生させる。上述のように、クリーニングを行なうために処理容器内の温度を200～300℃まで低下させる理由は、クリーニング温度が上記した温度よりも高過ぎると、不要な部分に付着したTi膜のみならず容器内壁や載置台等の容器内構造物自体もエッチングにより削られてしまうからである。

【0005】 このようにして、一定時間のクリーニング処理が完了したならば、処理容器内の温度を成膜温度、例えば650℃まで再度昇温して、Ti膜の成膜を開始する。このような処理工程の一連の流れは、図6に概略的に示しており、例えば期間T1では、例えば25枚のウエハのTi膜の成膜を連続的に行ない、これが終了すると、期間T2にて処理容器内の降温を行なう。そして、クリーニング温度まで降温させたならば、次に期間T3にてクリーニングガスを流してTi膜のクリーニング処理を行なう。そして、このクリーニングが終了したならば、期間T4にて処理容器内の温度を成膜温度まで昇温し、再度、成膜プロセスへ移行する。このようにして上記した期間T1～T4のプロセスを繰り返し、連続的に行なうようになっている。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】 ところで、上記したような従来のクリーニング処理にあつては、図6に示したように、期間T3のクリーニング処理の前後に、期間T2及び期間T4で表される降温及び昇温操作を行なわなければならないことから、その間は成膜処理が行なえず、スループットを低下させてしまうという問題があった。例えば成膜ウエハ枚数にもよるが、クリーニング処理の期間T3が、約30分位であるのに対し、その前後の降温及び昇温の期間T2、T4もそれぞれ30分程度

も要し、スルーブットの低下の原因となっていた。

【0007】また、成膜温度とクリーニング温度との間で昇降温を繰り返して行なうことから、その分、容器内構造物、例えば載置台等にヒートサイクルによる金属疲労が蓄積されてしまい、この寿命を低下させてしまうという不都合もあった。更には、NF<sub>3</sub> ガスを用いたプラズマクリーニング法では、プラズマが形成される領域以外の部分に付着した成膜、例えばシャワーヘッドの側面等に付着した成膜は、十分に除去することができない、といった不都合もあった。本発明は、以上のような問題点に着目し、これを有効に解決すべく創案されたものである。本発明の目的は、Ti 膜の成膜ガスである TiCl<sub>4</sub> ガスを用いてプラズマレスで不要な Ti 膜を除去する成膜装置のクリーニング方法及び処理方法を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明者は、Ti 膜のクリーニング処理について鋭意研究の結果、Ti 膜の成膜ガスとして用いた TiCl<sub>4</sub> ガスが、特定の条件下では Ti 膜をエッチングするという、知見を得ることにより、本発明に至ったものである。本発明は、被処理体の表面に少なくとも Ti を含有する金属膜を成膜する成膜装置のクリーニング方法において、クリーニングガスとして TiCl<sub>4</sub> ガスを用いるようにしたものである。

【0009】これにより、成膜装置内に付着した Ti 膜をプラズマレスの状態ではエッチングして除去することができる。TiCl<sub>4</sub> ガスは、不活性ガス、例えば N<sub>2</sub> ガスをキャリアガスとして用いることにより、供給すればよい。また、TiCl<sub>4</sub> ガスの濃度及びクリーニング温度が高い程、Ti 膜に対するエッチングレートは高くなり、容器内構造物を削ることなく Ti 膜をエッチングでき、迅速なクリーニングを行なうことができる。また、本発明は、成膜装置内に載置された被処理体の表面に、TiCl<sub>4</sub> ガスと H<sub>2</sub> ガスと Ar ガスを用いてプラズマ存在下で Ti 膜を成膜する成膜工程と、該成膜工程の後に、H<sub>2</sub> ガスと Ar ガスの供給を停止すると共に TiCl<sub>4</sub> ガスを供給してプラズマ不存在下にて前記成膜装置内のクリーニングを行なうクリーニング工程とを有する処理方法を提供する。

【0010】この場合、前述のようにクリーニング温度が高い場合には、容器内構造物を削ることなく Ti 膜をエッチングすることができるので、被処理体への Ti 膜の成膜後に、その高い成膜プロセス温度を維持したまま、温度を変えずにクリーニング処理を引き続き行なうことができる。従って、処理装置の降温及び昇温過程が不要となるので、その分、スルーブットを向上させることが可能となる。また、この場合には、処理容器内は成膜工程及びクリーニング工程に亘って実質的に同一温度に維持されているので、容器内構造物にヒート

構造物の寿命を延ばすことが可能となる。

【0011】また、成膜工程においては、複数枚の被処理体に対する Ti 膜の成膜を連続的に行なった後に、クリーニング工程へ移行してもよいし、或いは、1 枚の被処理体に対する Ti 膜の成膜工程を行なう毎に、クリーニング工程へ移行するようにしてもよい。すなわち、この場合にも処理容器内の昇降温を行なうことなくクリーニング処理を行なうことができるので、迅速なクリーニングを実施することができる。

【0012】

【発明の実施の形態】以下に、本発明に係る成膜装置のクリーニング方法及び処理方法の一実施例を添付図面に基づいて詳述する。図 1 は、成膜装置を示す構成図である。本実施例では、プラズマ成膜装置により金属膜として Ti (チタン) 膜を形成する場合を例にとって説明する。図示するように、このプラズマ成膜装置 2 は、例えばステンレススチール等により円筒体状に形成された処理容器 4 を有しており、この処理容器 4 は接地されている。

【0013】この処理容器 4 の底部 6 には、容器内の雰囲気気を排出するための排気口 8 が設けられており、この排気口 8 には真空引きポンプ 10 を介した排気系 12 が接続されて、処理容器 4 内を底部周辺部から均一に真空引きできるようになっている。この処理容器 4 内には、導電性材料よりなる支柱 14 を介して円板状の載置台 16 が設けられており、この上に被処理体として例えば半導体ウエハ W を載置し得るようになっている。具体的には、この載置台 16 は、下部電極を兼用するものであり、支柱 14 に直接支持される下台 16A と、この上面に接合される上台 16B とよりなり、これらの接合面に抵抗加熱ヒータ 18 が挟み込まれている。この下台 16A と上台 16B は、その接合面にて例えば溶着により接合される。

【0014】処理容器 4 の天井部には、上部電極と兼用されるシャワーヘッド 20 が一体的に設けられた天井板 22 が容器側壁に対して絶縁材 24 を介して気密に取り付けられている。このシャワーヘッド 20 は、上記載置台 16 の上面の略全面を覆うように対向させて設けられており、載置台 16 との間に処理空間 S を形成している。このシャワーヘッド 20 は、処理空間 S に各種のガスをシャワー状に導入するものであり、シャワーヘッド 20 の下面の噴射面 26 にはガスを噴射するための多数の噴射孔 28 が形成される。また、このシャワーヘッド 20 の内部には、多数の拡散孔 30 を有する拡散板 32 が設けられてガスを拡散できるようになっている。

【0015】そして、このシャワーヘッド 20 の上部には、ヘッド内にガスを導入するガス導入ポート 34 が設けられており、このガス導入ポート 34 にはガスを流す供給通路 36 が接続されている。この供給通路 36 には、複数の分岐管 38 が接続され、各分岐管 38 には、

成膜とエッチングの兼用のガスとして、例えばTiCl<sub>4</sub>、ガスを貯留するTiCl<sub>4</sub>、ガス源40、H<sub>2</sub>ガスを貯留するH<sub>2</sub>ガス源42、プラズマガスとして例えばArガスを貯留するArガス源44、クリーニング時にキャリアガスとして使用する不活性ガス、例えばN<sub>2</sub>ガスを貯留するN<sub>2</sub>ガス源46がそれぞれ接続されている。そして、各ガスの流量は、それぞれの分岐管に介設した流量制御器、例えばマスフローコントローラ48により制御される。

【0016】尚、ここでは、成膜時の各ガスを1つの供給通路36内を混合状態で供給する場合を示しているが、これに限定されず、一部のガス或いは全てのガスを個別に異なる通路内に供給し、シャワーヘッド20内、或いは処理空間Sにて混合させる、いわゆるポストミックスのガス搬送形態を用いるようにしてもよい。また、天井板22には、Ti成膜時のプラズマを形成するために、リード線50を介してマッチング回路52及び例えば13.56MHzのプラズマ用の高周波電源54が接続されている。また、処理容器4の側壁には、この壁面の温度調節を行なうために、必要に応じて例えば冷却された、或いは加熱された熱媒体を選択的に流すための容器用温調ジャケット55が設けられ、このジャケット55は温調器56に接続される。この容器側壁には、ウエハの搬入・搬出時に気密に開閉可能になされたゲートバルブ58が設けられる。

【0017】更に、上記シャワーヘッド20にも、この表面の温度調節を行なうために、必要に応じて例えば冷却された、或いは加熱された熱媒体を選択的に流すためのヘッド用温調ジャケット60が設けられる。また、図示されていないが、ウエハ搬入・搬出時にこれを持ち上げたり、持ち下げたりするウエハリフタピンが載置台に設けられるのは勿論である。

【0018】次に、以上のように構成された装置を用いて行なわれる本発明の処理方法及びクリーニング方法について説明する。本発明の処理方法は、被処理体である例えば半導体ウエハの表面に金属膜としてTi膜を成膜する成膜工程と、この成膜工程の後に処理容器内に付着している不要なTi膜を除去するクリーニング工程とよりなり、このクリーニング工程において本発明のクリーニング方法が実施されることになる。実際には、上記成膜工程とクリーニング工程とが交互に連続的に繰り返行なわれることになる。図2は、成膜工程とクリーニング行程を繰り返行なう時の処理容器内の温度を示すグラフである。

【0019】まず、成膜工程において、半導体ウエハ表面にTi膜を成膜する場合について説明する。処理容器4内へ、開放されたゲートバルブ58を介して半導体ウエハWを導入し、これを載置台16上に載置して処理容器4内を密閉する。この半導体ウエハWの表面には、例えば前工程において、ウエハ上のトランジスタとのコン

タクトをとるためのコンタクトホール等がすでに形成されている。処理容器4内を密閉したならば、成膜用ガスとしてTiCl<sub>4</sub>、ガスと、H<sub>2</sub>ガスを、プラズマ用ガスとしてArガスを、それぞれシャワーヘッド20から所定の流量で処理容器4内に導入し、且つ真空引きポンプ10により処理容器4内を真空引きし、所定の圧力に維持する。

【0020】これと同時に、高周波電源54より、13.56MHzの高周波を上部電極であるシャワーヘッド20に印加して、シャワーヘッド20と下部電極としての載置台16との間に高周波電界を加える。これにより、Arガスがプラズマ化されて、TiCl<sub>4</sub>、ガスとH<sub>2</sub>ガスとの還元反応を推進し、ウエハ表面にTi膜が成膜されることになる。ウエハWの温度は、載置台16に埋め込んだ抵抗加熱ヒータ18により所定の温度により加熱維持される。

【0021】また、プラズマより加熱される傾向にある処理容器4の側壁及びシャワーヘッド20は、それぞれに設けた容器用温調ジャケット56及びヘッド用温調ジャケット60にそれぞれ冷媒を流し、これを所定の温度まで冷却する。この時のプロセス条件は、ウエハ温度（載置台温度）が、例えば650℃程度、プロセス圧力は1 Torr程度、高周波電力が700W程度である。このようにして、1枚のウエハに対する成膜が完了したならば、この処理済みのウエハWをゲートバルブ58を開いて搬出し、替わりに未処理のウエハWを前述したように処理容器4内へ導入し、上述したと同様にTi膜の成膜処理を行なう。このようにして、例えば25枚程度のウエハWに対して連続的に成膜を施す。この間、処理容器4内の内部構造物や容器内壁面には次第に不要なTi膜が付着するので、次にこのパーティクルの原因となる不要なTi膜を除去するためのクリーニング工程へ移行する。

【0022】まず、成膜が完了した最後のウエハの搬出が終了したならば、処理容器4内を密閉し、そして、ArガスとH<sub>2</sub>ガスの供給を停止すると共にTiCl<sub>4</sub>ガスをそのまま流し続ける。また、この時、TiCl<sub>4</sub>ガスを搬送するためのキャリアガスとしてN<sub>2</sub>ガスを流し始め、TiCl<sub>4</sub>ガスの供給を助ける。尚、処理容器4内の真空引きは継続的に行なわれているのは勿論である。これと同時に、高周波電源54の駆動を停止して高周波を供給しないようにし、プラズマレスの状態とする。従って、処理容器4内へはTiCl<sub>4</sub>ガスとN<sub>2</sub>ガスの混合ガスがプラズマレスの状態では供給される。

【0023】この時、載置台16の温度、すなわち処理容器4内の支配的な温度を変えないで、前述のTi膜の成膜時と同じ温度、ここでは例えば650℃を維持し、すなわち降温操作を行なうことなくこの状態で不要なTi膜のエッチング、すなわちクリーニング処理を開始する。この時のクリーニングプロセス条件は、所望のエッ

チングレートを得るために、圧力は0.1~10 Torr程度、TiCl<sub>4</sub>、ガスのN<sub>2</sub>、ガスに対する流量比は5~100%程度とするのが望ましい。

【0024】このエッチング処理を所定の時間行なってエッチング工程が完了したならば、再度、未処理のウエハWを処理容器4内へ導入して、前述したようなTi膜成膜工程を再開する。この場合、エッチング工程においては載置台16の温度が、成膜時と同じ650℃の状態で行なわれているので、昇温操作を行なうことなく直ちに成膜処理を実施することができる。このようにして、図2に示すようにTi膜の成膜工程とクリーニング工程とを繰り返しながら連続的に行なう。

【0025】従って、図2に示すグラフと図6に示した従来のグラフと比較して明らかなように、本発明方法では、Ti膜の成膜工程からクリーニング工程へ移行する時、或いは逆に、クリーニング工程から再度、Ti膜の成膜工程へ移行する時に、載置台16の降温操作や昇温操作を行わなくて済み、直接次の工程に移行できる。従って、降温操作や昇温操作に要する時間を省くことができ、その分、スループットを向上させることができる。

【0026】ここで、具体的にTiCl<sub>4</sub>、ガスのTi膜に対するエッチング作用について説明する。図3は温度とTi膜に対するエッチングレートの変化を示すグラフである。温度を500℃~700℃まで種々変更してエッチングを行なった結果、温度が高くなる程、Ti膜に対するエッチングレートが大きくなっていることが判明する。そして、先のTi膜の成膜処理と同じ温度、650℃においては、略60nm/minのエッチングレートになっている。この時のプロセス条件は、圧力が0.32 Torrであり、TiCl<sub>4</sub>、ガスのN<sub>2</sub>、ガスに対する流量比は、20cc:650ccであり、TiCl<sub>4</sub>、ガスは3%程度の濃度である。また、このクリーニング処理では、処理容器4の内壁や載置台16の表面はほとんど削られることがなく、元の状態を維持していた。

【0027】また、図4はN<sub>2</sub>、ガスに対するTiCl<sub>4</sub>、ガスの濃度とTi膜のエッチングレートとの関係を示すグラフである。この時のプロセス条件は、温度が650℃、圧力が0.32 Torrである。これによれば、TiCl<sub>4</sub>、ガスの濃度を上げれば、これに応じてTi膜のエッチングレートも高くなることが判明する。一般的に、ClF<sub>3</sub>、ガスやNF<sub>3</sub>、ガスを用いた従来のクリーニング工程におけるエッチングレートは略300nm/minであることから、これと略同等のエッチングレートを得るためには、TiCl<sub>4</sub>、ガスの濃度を5%程度に設定すればよいことが判明する。尚、実際のクリーニング時におけるTiCl<sub>4</sub>、ガスの濃度は、所望するエッチングレートに応じて適宜変更すればよく、また、処理圧力も0.32 Torrに限定されず、ここでは単に一例を示したに過ぎない。

【0028】このように、本発明によれば、Ti膜のク

リーニングを行なうに際して、プラズマレスでクリーニングガスとしてTiCl<sub>4</sub>、ガスを用いることにより、Ti膜の成膜温度と同じ高い温度で不要なTi膜を除去することができる。従って、従来のクリーニング工程で行なわれていた載置台の降温操作や、或いは昇温操作を省くことができ、その分、スループットを向上させることができる。また、これに伴って処理容器内の降温操作及び昇温操作を行なう必要がなくなったので、容器内構造物にヒートサイクルによる金属疲労を生ぜしめる頻度が少なくなり、その分、容器内構造物の寿命を延ばすことができる。

【0029】更には、プラズマを用いなくてクリーニング処理を行なうことができることから、Ti成膜時にプラズマの形成領域以外に付着した不要なTi膜も除去することができる。そして、クリーニング処理時には、成膜に用いたガス種を用いることができるので、特別なクリーニングのための設備も不要にできる。また、上記実施例では複数枚、例えば25枚のウエハの連続成膜を行なう毎に、クリーニング処理を一回行なうこととしたが、載置台の降温及び昇温操作が不要にできたことから、スループットを落とすことなく、図5に示すように1枚のウエハに対する成膜処理を行なう毎に、クリーニング処理(工程)を行なうことができる。

【0030】この場合には、不要なTi膜が僅かに付着しただけで、直ちにクリーニング処理が行なわれることになるので、各クリーニング処理に要する時間は非常に少なく済み、しかも、常に不要なTi膜が容器内壁等に付着していない状態で成膜を行なうことができるので、その分、歩留りを向上させることができる。尚、上記実施例では、不活性ガスとしてN<sub>2</sub>、ガスを用いた場合を例にとって説明したが、これに限定されず、He、Ar、Ne等も用いることができる。また、ここでは被処理体として半導体ウエハを用いた場合を例にとって説明したが、これに限定されず、ガラス基板、LCD基板等にも適用できるのは勿論である。

【0031】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の成膜装置のクリーニング方法及び処理方法によれば、次のように優れた作用効果を発揮することができる。Ti膜を含有する金属膜を除去するに際して、クリーニングガスとしてTiCl<sub>4</sub>、ガスを用いることにより、容器内構造物にダメージを与えることなく金属膜を除去することができる。上記クリーニング工程を、TiCl<sub>4</sub>、ガスとH<sub>2</sub>、ガスによりTi膜の成膜を行なう成膜工程に付加させることにより、クリーニング工程のために処理容器内の温度を昇降温させることなく成膜時と同じ温度でクリーニング工程を行なうことができるので、クリーニングのための降温操作や昇温操作をなくすことができ、従って、その分、スループットを向上させることができる。

【0032】また、クリーニングのための昇降温操作を

なくしたことから、容器内構造物に加わるヒートサイクルによる金属疲労を抑制することができ、その分、容器内構造物の寿命を延ばすことができる。更に、クリーニングのために昇降温操作をなくすことができることから、スループットを低下させることなく、1枚の被処理体の成膜を行なう毎にクリーニング処理を実施でき、従って、その分、パーティクルの発生を抑制できるので、歩留りを向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】成膜装置を示す構成図である。

【図2】成膜工程とクリーニング行程を繰り返し行なう時の処理容器内の温度を示すグラフである。

【図3】温度とTi膜に対するエッチングレートの変化を示すグラフである。

【図4】N<sub>2</sub>ガスに対するTiCl<sub>4</sub>ガスの濃度とTi膜のエッチングレートとの関係を示すグラフである。

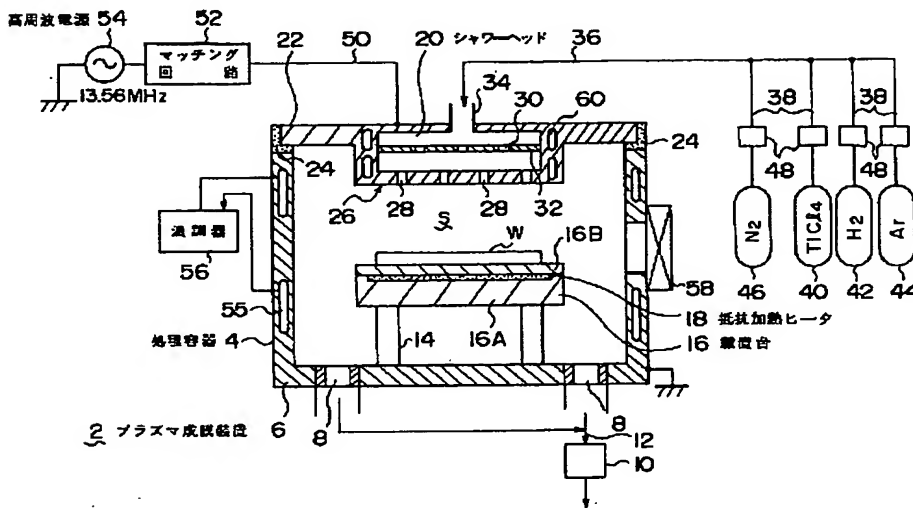
【図5】本発明の処理方法の変形例を説明するための図である。

【図6】従来の成膜工程とエッチング工程における温度の変化を示す図である。

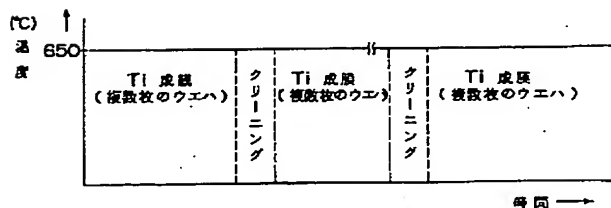
【符号の説明】

- 2 成膜装置
- 4 処理容器
- 16 載置台
- 20 シャワーヘッド
- 10 40 TiCl<sub>4</sub>ガス源
- 42 H<sub>2</sub>ガス源
- 44 Arガス源
- 46 N<sub>2</sub>ガス源
- 54 高周波電源
- W 半導体ウエハ（被処理体）

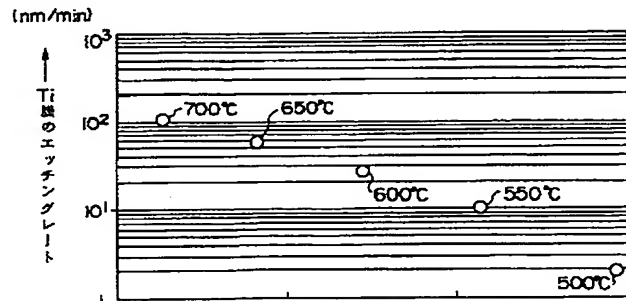
【図1】



【図2】

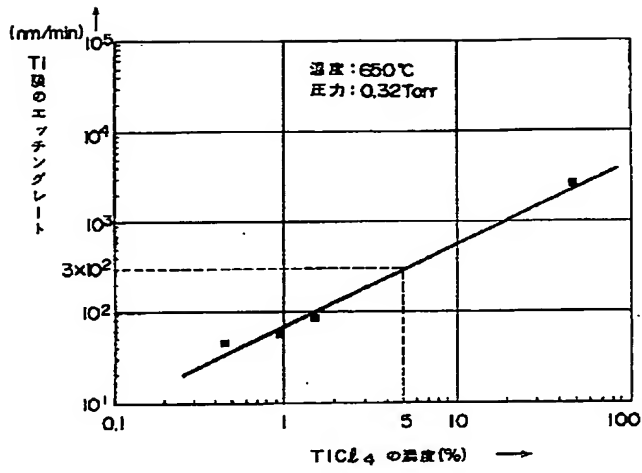


【図3】

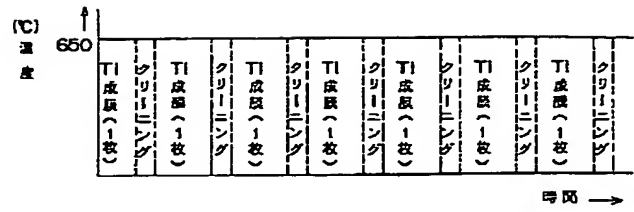


TiCl<sub>4</sub>/N<sub>2</sub> = 20cc/650cc  
圧力: 0.32 Torr

【図 4】



【図 5】



【図 6】

